

УДК. 629.1.05:622.684

Почужевський О.Д. к.т.н.

ДВНЗ «Криворізький національний університет», м.Кривий Ріг, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ НАВАНТАЖЕНЬ НА ВЕЛИКОГАБАРИТНІ ШИНИ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН ЯК ПОШУК РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ЕКСПЛУАТУЮЧОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

Pochuzhevskyy O.

National Technical University of Ukraine «Kryvyi Rih National University», Kryvyi Rih, Ukraine (aax-forever@ya.ru)

### RESEARCH AND ANALYSIS BULKY LOADING WHEEL TYRES IN HIGHWAY VEHICLES OPEN DEVELOPMENT

*В роботі проведено дослідження зміни навантажень в різних умовах експлуатації на великогабаритні пневмоколісні шини основного виду транспортних машин відкритих розробок – кар’єрних самоскидів. У результаті аналізу отриманих даних встановлено: функціональну залежність перерозподілу навантажень між осями (шинам) в залежності від ухилу дорожнього полотна; існування перевантаження передніх шин під час експлуатації машин на відкритих розробках нагорного типу. У результаті аналізу отриманих даних, сформовані рекомендації з ресурсозбереження великогабаритних пневматичних шин колісних машин на експлуатуючому підприємстві.*

*Ключові слова:* великогабаритні пневматичні шини, відкрита розробка, кар’єрний самоскид, навантаження, ресурс шин.

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними задачами.** На відкритих розробках підприємств гірничодобувних галузей України та світу, завдяки своїм перевагам у порівнянні з іншими видами транспортних машин (мобільності, можливості виконувати транспортну роботу у стиснених умовах та ін.) кар’єрні самоскиди отримали значне розповсюдження – транспортують близько 80 % від загального об’єму видобутку гірничої маси на відкритих гірничих розробках (застосовуються для транспортування як пухких, сипучих, водонасичених, так і мерзлих, крупнокусковатих та інших порід). При цьому дані машини можуть працювати із різними видами одноковшевих екскаваторів, навантажувачів, а також з рядом інших виїмково-навантажувальними засобами. Поряд з використанням як основного виду кар’єрного транспорту, дані машини застосовують також при виконанні багатьох допоміжних транспортних робіт: підсіпки доріг, перевезення паливно-мастильних матеріалів, вибухових речовин, підвезення води для поливу доріг, евакуації самоскидів, та ін. [1, 2].

Незважаючи на монополізацію транспортного процесу, у порівнянні з іншими вилами транспорту, експлуатація даних машин супроводжується значними проблемами, особливо це відчутно в плані собівартості перевезень. Це пов’язано із постійним погіршенням умов експлуатації, зростанням вартості експлуатаційних матеріалів, шин та запасних частин. У свою чергу, враховуючи що транспортування складає близько 40 % у загальній собівартості кінцевої продукції, це призводить до значного зниження конкурентоздатності продукції гірничо-металургійних підприємств [3, 4]. Зрозуміло що в умовах світової ринкової економіки даний процес є неприпустимим.

Враховуючи вищевикладене, на сьогодні все більшу актуальність набуває пошук ресурсозберігаючих технологій, а саме тих елементів, які мають значний відсоток у калькуляції собівартості транспортування. В даному переліку безперечними лідерами є експлуатаційні матеріали та шини. Однак якщо ресурсозбереженню паливно-мастильних матеріалів приділяється досить велика кількість наукових публікацій та законодавчих нормативних документів то даний підхід для великогабаритних шин не має широкого розповсюдження. Однак питання ходимості пневматичних шин, крім суттєвого впливу на собівартість перевезень, є одним з головних що забезпечують надійність експлуатації кар’єрних самоскидів. Експлуатаційні витрати на шини становлять 25...30% і навіть більше від суми витрат на транспортування гірничої маси, тому збільшення пробігу шин має важливе значення для зменшення витрат [5].

**Аналіз досліджень та публікацій.** Провівши аналіз наукових публікацій щодо дослідження та аналізу навантажень на великогабаритні шини транспортних машин на відкритих розробках, слід відзначити що в більшості випадків великогабаритні шини кар’єрних самоскидів розглядаються не як основний об’єкт досліджень.

Вирішальними факторами, які визначають ефективність використання великогабаритних шин є:

експлуатаційні якості та роботоздатність шин; технічний рівень експлуатації на експлуатуючих підприємствах. Технічний рівень експлуатації шин залежить від дотримання правил догляду за ними, правильним завантаженням машин та рівномірністю розподілу гірничої маси в кузові, стану та параметрів під'їзних кар'єрних доріг, а також під'їздів у забоях та на відвалах, швидкості руху кар'єрних самоскидів, кваліфікації водіїв і т.д. Крім цього на термін служби шин впливає щільність транспортуємої гірничої маси у кузові, температура оточуючого середовища та кількість опадів [5].

**Постановка задачі.** Незважаючи на те, що великогабаритним шинам присвячена досить велика кількість досліджень, на сьогоднішній день залишається не вирішене досить важливе питання – збільшення ресурсу ходимості шин. У зв'язку з цим, у даній статті є доцільним провести дослідження та аналіз навантажень які діють на великогабаритні шини транспортних машин.

**Викладання матеріалу та результати.** Провівши попередні розрахунки, було встановлено, що при русі кар'єрного самоскида на підйом виникає перерозподіл навантажень. У випадку руху на підйом – навантаження на задню вісь збільшується, а на передню зменшується. Горшков Е.В. у своїй роботі [6] дослідив, а Ворошилов Г.А. [7] використав – збільшення навантаження на шину на 10% від номінальної знижує її видимість на 25-30%, а збільшення навантаження на 30-40% знижує термін служби шини відповідно на 40-60%. [8]. В зв'язку з цим при визначенні максимального ухилу кар'єрних технологічних доріг по допустимому значенні навантаження на шини, розрахунок необхідно проводити для перевантажених осей.

Осьові навантаження при прямолінійному рівномірному русі двоосного кар'єрного самоскида на ухил визначається з виразу рівноваги системи (рис. 1).

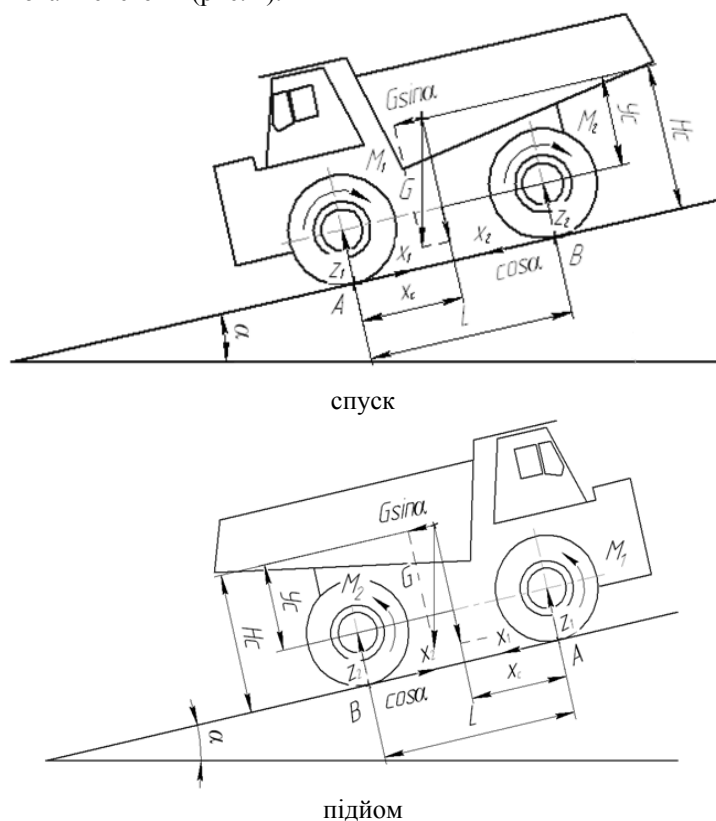


Рис. 1. Схема силдіючих на кар'єрний самоскид при русі під ухил

Рівняння моментів відносно точки В (спуск) має вигляд:

$$z_1 \cdot L - G \cdot \sin \alpha \cdot H_c - G \cdot \cos \alpha \cdot (L - x_c) + M_1 + M_2 = 0, \quad (1)$$

Рівняння моментів відносно точки В (підйом):

$$-z_1 \cdot L + G \cdot \cos \alpha \cdot (L - x_c) - G \cdot \sin \alpha \cdot H_c + f \cdot G \cdot r_k = 0, \quad (2)$$

Рівняння моментів відносно точки А (спуск):

$$-z_2 \cdot L + G \cdot \sin \alpha \cdot H_c + G \cdot \cos \alpha \cdot x_c + M_1 + M_2 = 0, \quad (3)$$

Рівняння моментів відносно точки А (підйом):

$$z_2 \cdot L - G \cdot \cos \alpha \cdot x_c - G \cdot \sin \alpha \cdot H_c - M_1 - M_2 = 0, \quad (4)$$

Момент опору кочення визначається з виразу:

$$\begin{aligned} M &= M_1 + M_2, \\ M &= f \cdot G \cdot r_k \end{aligned} \quad (5)$$

Провівши перетворення, отримали рівняння моментів відносно точки В спуск:

$$z_1 = [9,8 \cdot G (\cos \alpha \cdot (L - x_c) - f \cdot r_k + \sin \alpha \cdot H_c)] / L, \quad (6)$$

підйом:

$$z_1 = [9,8 \cdot G(\cos\alpha \cdot (L - x_c) - \sin\alpha \cdot H_c + f \cdot r_k)] / L, \tag{7}$$

Рівняння моментів відносно точки А спуск:

$$z_2 = [9,8 \cdot G(f \cdot r_k - \sin\alpha \cdot H_c + \cos\alpha \cdot x_c)] / L, \tag{8}$$

підйом:

$$z_2 = [9,8 \cdot G(\cos\alpha \cdot x_c + \sin\alpha \cdot H_c + f \cdot r_k)] / L, \tag{9}$$

де  $Z_1, Z_2$  – навантаження на передню і задню вісь, кН;  $L$  – база, м;  $G$  – маса повна або власна кар’єрного самоскида, т;  $\alpha$  – кут нахилу дороги, град;  $H_c$  – відстань від поверхні дороги до центру тяжіння, м;  $M_1, M_2$  – моменти опору коченню коліс передньої і задньої осі, Нм;  $f$  – коефіцієнт опору коченню;  $r_k$  – радіус кочення колеса, м;  $x_c, y_c$  – координати центру тяжіння осі переднього (заднього) колеса самоскида, м.

Коефіцієнт опору коченню постійних щелепневих доріг прийнято рівним 0,025 [9].

Провівши розрахунок отриманих даних, було встановлено, що вплив повздовжнього ухилу дороги на осьові навантаження кар’єрних самоскидів має не лінійні залежності, так як встановив Горшков Е.В., а потім використав Ворошилов Г.А., а вигляд гіперболічної залежності (рис. 2-5). Що суттєво впливає на розрахунки тягово-динамічних показників руху кар’єрних самоскидів.

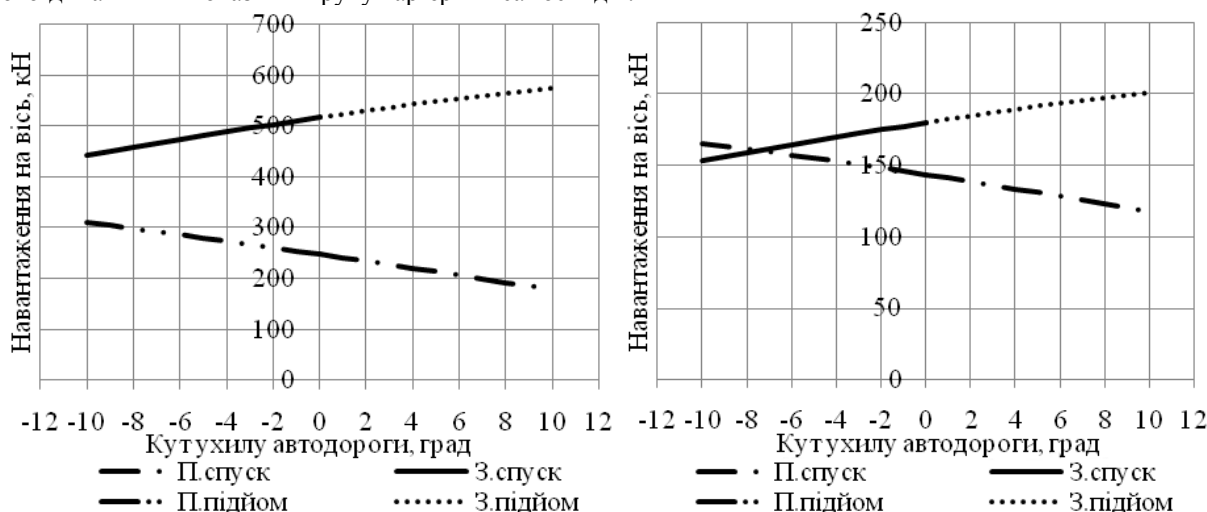


Рис. 2. Залежність зміни осьового навантаження завантаженого кар’єрного самоскида П.спуск – передня вісь спуск, З.спуск – задня вісь спуск

Рис. 3. Залежність зміни осьового навантаження порожнього кар’єрного самоскида П.спуск – передня вісь спуск, З.спуск – задня вісь спуск

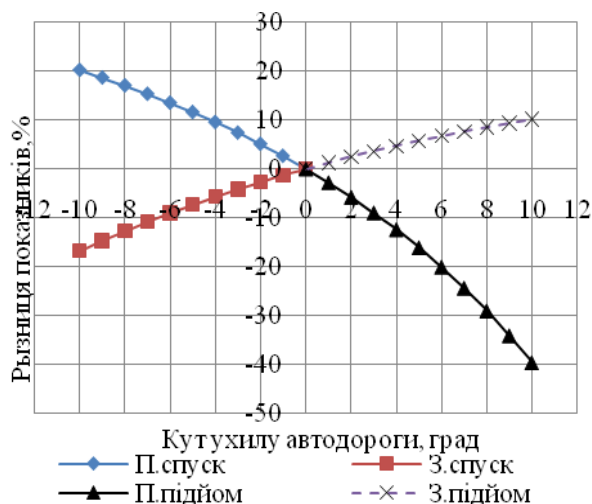


Рис. 4. Відносна залежність осьового навантаження від ухилу дороги завантаженого кар’єрного самоскида

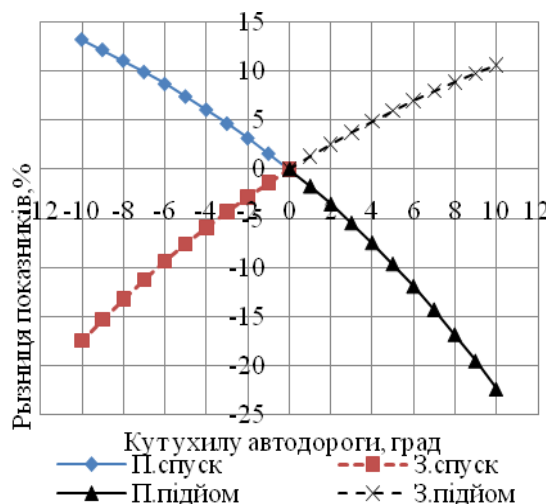


Рис. 5. Відносна залежність осьового навантаження від ухилу дороги порожнього кар’єрного самоскида

Аналіз результатів, представлених на рис. 2-5, показує, що із збільшенням повздовжнього ухилу дороги від 0 до 10%, при русі завантаженого кар’єрного самоскида БелАЗ-75471 на підйом навантаження на задню вісь збільшується на 9,68%, порожнього – 10,62%, відповідно при русі униз перевантаження передньої осі становить відповідно 19,33 та 13,2%. Таким чином найбільше перевантаження сприймає саме передня вісь.

Наступним етапом було проведення порівняння навантажень на шини основних марок виробників в залежності від завантаження та ухилу дороги в порівнянні з допустимим значенням для кожної з осей (рис. 6-9).

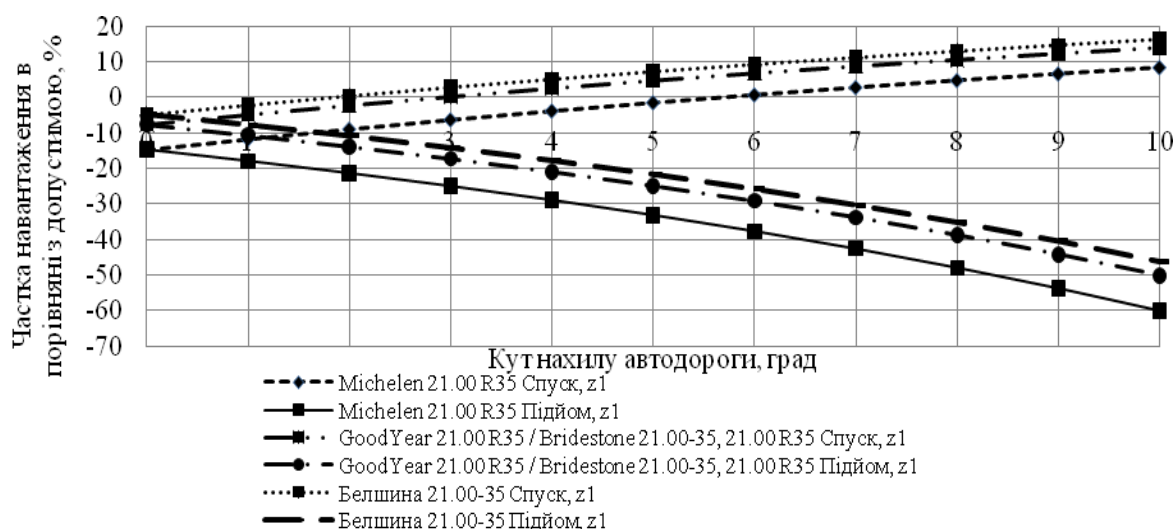


Рис. 6. Залежність зміни навантаження на шину завантаженого самоскида від ухилу дороги в порівнянні з допустимим значенням для передньої осі (z1, рис. 2)

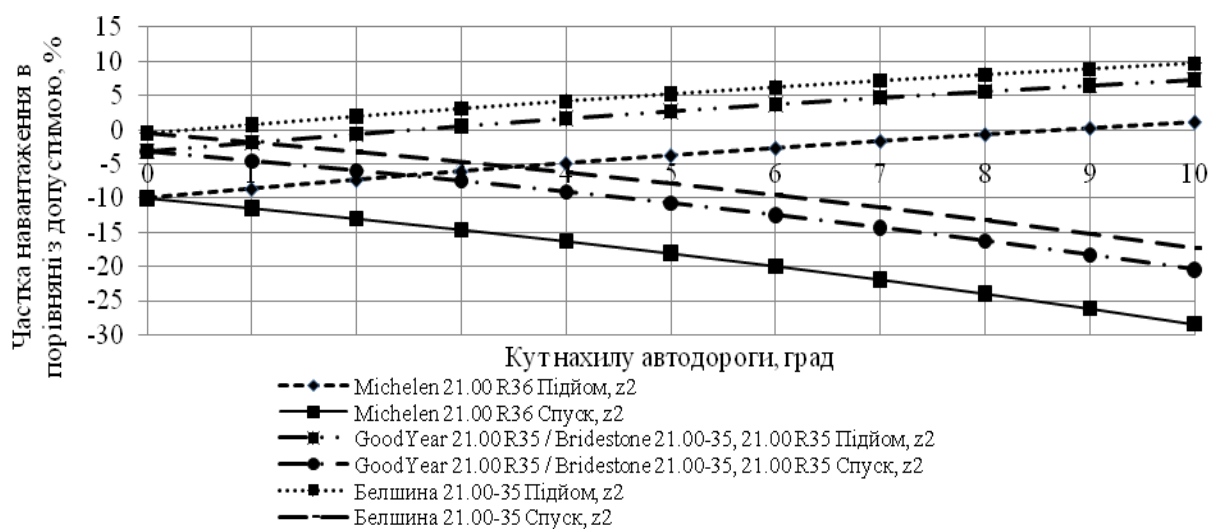


Рис. 7. Залежність зміни навантаження на шину завантаженого самоскида від ухилу дороги в порівнянні з допустимим значенням для задньої осі (z2, рис. 3)

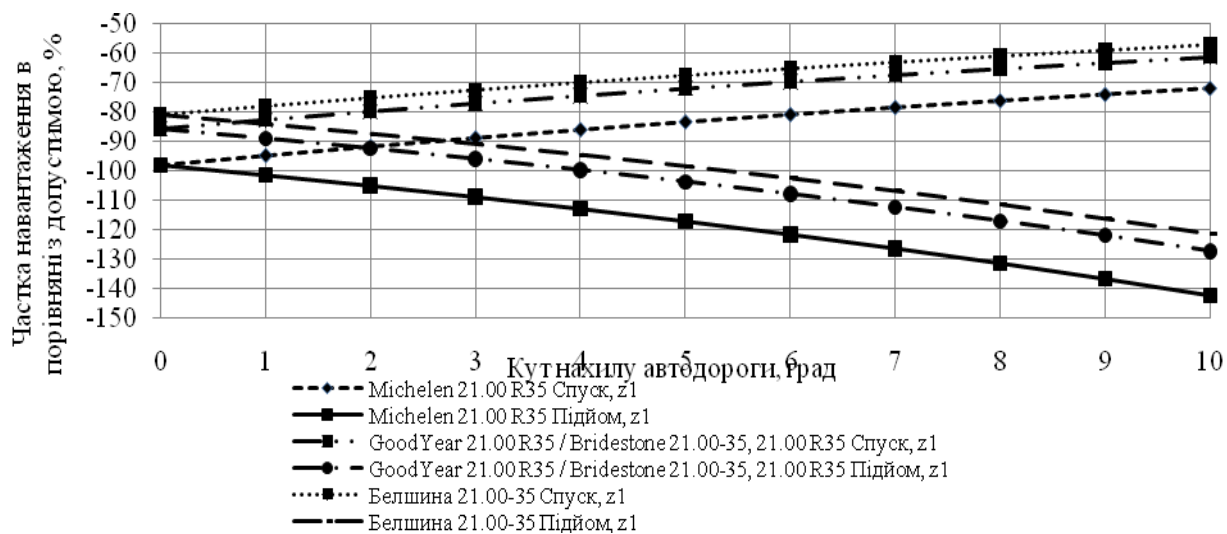


Рис. 8. Залежність зміни навантаження на шину порожнього самоскида від ухилу дороги в порівнянні з допустимим значенням для передньої осі (z1, рис. 4)

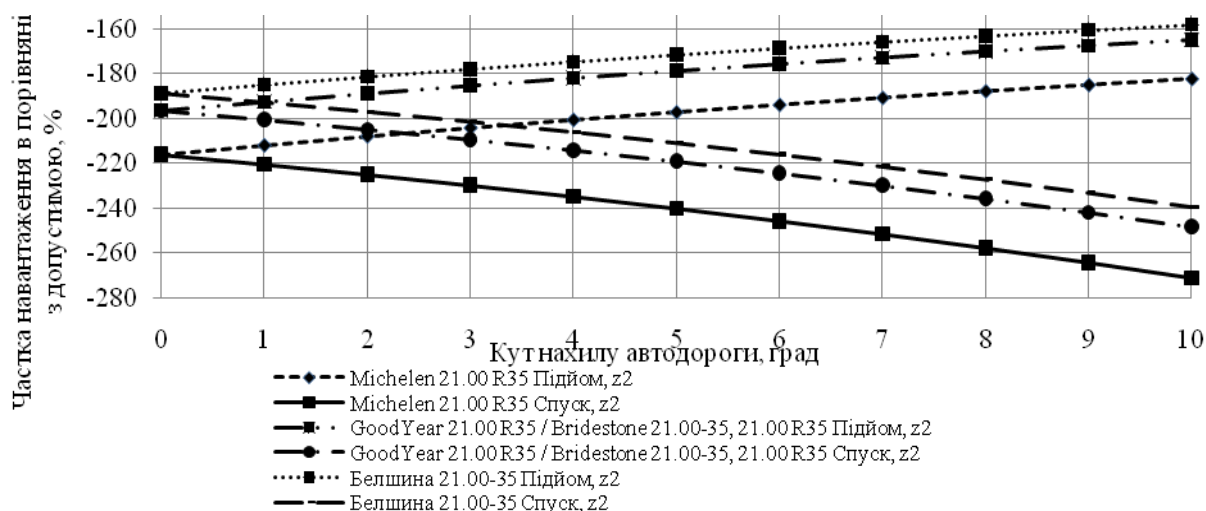


Рис. 9. Залежність зміни навантаження на шину порожнього самоскида від ухилу дороги в порівнянні з допустимим значенням для задньої осі (z2, рис. 5)

Провівши аналіз перерозподілу навантаження використовуючи при цьому найчастіше використовуємі марки шин для БелАЗ-75471 посадочного діаметра 35 дюйми (рис. 7-10), встановлено що із збільшенням повздовжнього ухилу дороги від 0 до 10% найбільше перевантаження від допустимого значення задніх шин мають шини Белшина 21.00-35 – 9,2%, яке починається після ухилу 1,5%. При русі униз теж найбільше перевантаження має Белшина 21.00-35, яке становить 15,4%. Найменше ж значення перевантаження мають шини Michelin 21.00 R35, які при русі вгору вантажного самоскида мають перевантаження під кутом 10% задніх шин 0,6%, а при русі униз перевантаження передніх – 7,4%. Такі результати пояснюються тим, що Michelin в порівнянні з Белшиною має на 900кг більшу допустиме значення навантаження, відповідно 14500 і 13600 кг на шину. При русі порожнього самоскида у гору (рис. 9-10) спостерігаємо запас по навантаженню для задніх шин 182,6-158,2, униз 71,8-57,0% відповідно Michelin та Белшина. Такий розподіл зумовлений тим, що при порожньому стані, центр ваги зміщується уперед, і ззаду вісь розвантажується, а якщо врахувати, що там знаходиться 4 колеса, то на одне колесо припадає навантаження значно менше від допустимого.

Дані значення по перевантаженню будуть змінюватися в залежності від моделі самоскида, розміщенню центра ваги, значення коефіцієнта опору кочення.

**Висновки та подальші напрямки досліджень.** З проведених досліджень слід зробити висновок, що найбільш чутливими по перевантаженню є саме передні шини. Це стосується тих підприємств де транспортування вантажу направлено не знизу до гори, а навпаки – зверху до низу (нагорні кар'єри). Адже відомо, що перевантаження кар'єрного самоскида на 20-30% супроводжується зменшенням ресурсу шини на 30-42%.

Завдяки розробленій розрахунковій моделі перерозподілу ваги кар'єрного самоскида вдасться більш правильно здійснити підбір шин по допустимому навантаженню в залежності від дорожніх умов експлуатації.

Подальші напрямки досліджень передбачають дослідження температурного режиму роботи великогабаритних шин.

**Анотація.** В роботі проведено дослідження зміни навантажень в різних умовах експлуатації на великогабаритні пневмоколісні шини основного виду транспортних машин відкритих розробок – кар'єрних самоскидів. У результаті аналізу отриманих даних встановлено: функціональну залежність перерозподілу навантажень між осями (шинам) в залежності від ухилу дорожнього полотна; існування перевантаження передніх шин під час експлуатації машин на відкритих розробках нагорного типу. У результаті аналізу отриманих даних, сформовані рекомендації з ресурсозбереження великогабаритних пневматичних шин колісних машин на експлуатуючому підприємстві.

**Ключові слова:** великогабаритні пневматичні шини, відкрита розробка, кар'єрний самоскид, навантаження, ресурс шин.

**Abstract.** The subject of research. The article describes a pneumatic tire wheeled vehicles open-cast. Subject. Research and analysis bulky loading wheel tyres in highway vehicles open development

**Objective.** Study of changes in load on the pneumatic tires of dump trucks when empty and laden with different operating conditions in open-cast mining.

**The methodology of work.** Based on the methodology consists in carrying out calculations and analysis of existing research on the load the tire pattern during movement of dump trucks in the empty and loaded condition

**The results of the work.** After analyzing the load transfer using the most commonly used brand of tires for BelAZ-75471 35-inch rim

size (Fig. 7-10), it was found that an increase in the road longitudinal slope from 0 to 10% of the largest value for the overload of the rear wheels have tires Belshina 21.00-35 - 9.2%, which begins after the slope of 1.5%. When going down too, the greatest congestion has Belshina 21.00-35, which is 15.4%. Smaller values have overload tires Michelin 21.00 R35, which, when moving up cargo truck overloading are at an angle of 10% of the rear tires of 0.6%, while driving down the overload of the front - 7.4%. Such result is explained by the fact that in comparison with Michelin Belshina has at 900kg larger allowable load value, respectively, 14500 and 13600 kg per tire. When driving an empty truck to the top there is a stock load for the rear tires 182,6-158,2 down 71,8-57,0% respectively Michelin and Belshina.

*Application results.* The results can be used in the design process of roads, development of new machines and the choice of brand and design parameters of large-size tires, as well as the formation of resource-saving technologies in the operating company.

**Keywords:** large pneumatic tires, open design, dumper, load, tire life.

#### Бібліографічний список використаної літератури

1. *Основные средства* [Электронный ресурс] / В. Перельгин, канд техн. наук // Ближайшие перспективы карьерного транспорта" №5 2008. - Режим доступа: [http://www.os1.ru/article/mining/2008\\_05\\_A\\_2009\\_03\\_17-15\\_15\\_41/](http://www.os1.ru/article/mining/2008_05_A_2009_03_17-15_15_41/)
2. *Почужевський О.Д.* Обґрунтування розміщення підприємств технічного сервісу кар'єрних автосамоскидів / Ю.А. Монастирський, О.Д. Почужевський // Вісник Криворізького технічного університету. – 2007. – № 17. – С. 203 – 206.
3. *Скорняков Э.С.* Крупногабаритные шины автомобилей и тракторов – Днепропетровск, Пороги, 2000. – 263 с.
4. *Скоряков Э.С.* Эксплуатация и ремонт крупногабаритных шин / Скоряков Э.С., Кваша Э.Н. и др. – М., Химия, 1991. – 128 с.
5. *Анализ эксплуатации и правильный выбор крупногабаритных шин* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL : <http://cyberleninka.ru/article/n/analiz-ekspluatatsii-i-pravilnyy-vybor-krupnogabaritnyh-shin>. – Назва з екрану.
6. *Горшков Э. В.* Обоснование рациональных параметров технологического автотранспорта при повышенных уклонах карьерных автодорог: дис. канд. техн. наук: 05.15.03 / Горшов Эдуард Викторович. – Свердловск., 1984. – 195 с.
7. *Ворошилов Г. А.* Обоснование оптимальных уклонов автодорог при разработке нагорноглубинных карьеров: дис. канд. техн. наук: 25.00.22 / Ворошилов Георгий Александрович. – Екатеринбург., 2008. – 155 с.
8. *Ильин С.А.* Технология открытой разработки нагорных месторождений [Текст]. Часть 3: учеб. пособие / С. А. Ильин, Нгуен Тхан Туан. - М.: МГИ, 1993. - 93 с.
9. *Ильин С. А.* Технология открытой разработки нагорных месторождений [Текст]. Часть 4: учеб. пособие / С. А. Ильин. - М.: МГУ, 1994. - 67 с.

#### References

1. *Certa lucra* [electronic resource]. V. Perelygin candidatus tehn. Scientiarum. The immediate expectationes pro curriculo Transport " no 5 2008. Access: [http://www.os1.ru/article/mining/2008\\_05\\_A\\_2009\\_03\\_17-15\\_15\\_41/](http://www.os1.ru/article/mining/2008_05_A_2009_03_17-15_15_41/)
2. *Pochuzhevsky O.D.* Obruntuvannya rozmischennya turmas tehnicnogo servisu kar'ernih avtosamoskidiv. YA Monastirsky, OD Pochuzhevsky. News Krivorizkogo tehnicnogo universitetu. 2007. no 17. S. CCIII - CCVI.
3. *Skornyakov E.S.* Large tires carros et obtrectatoribus. Dnepropetrovsk, Thresholds, 2000. CCLXIII p.
4. *Skoryakov E.S.* Operatio et sustentacionem-large size tires, Skoryakov ES, EN Kvasa et al. M. Chymicis 1991. CXXVIII p.
5. *Electio autem recta operatio* 5. examinatione celebrationum tires magnitudine [electronic resource]. Access modum: URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/analiz-ekspluatatsii-i-pravilnyy-vybor-krupnogabaritnyh-shin>. Hosting Project ekranu s.
6. *Gorshkov E.V.* Substantiation rationalium Paramètres technicae vehiculum ad elevatum devexa lapidibus dedolatis atque itineribus: dis. Cand. tehn. Scientiarum: 05.15.03. Ostendens amaritudinem animi Eduard Viktorovich. Sverdlovsk., 1984. CXCXV p.
7. *Voroshilov G.A.* Substantiation of optimum devexa itinera progressum in lautumiis istius nagornoglubinnyh: dis. Cand. tehn. Scientiarum: 25.00.22. Voroshilov, Georgy. Ekaterenburg., 2008. CLV p.
8. *Ilyin S.A.* Technology progressum aperta alterutra dividit agros [text]. Part III: Phil. Beneficium. SA Ilyin, Nguyen Thanh Tuan. M. Musculus, 1993. XCIII p.
9. *Ilyin S.A.* aperta technicae progressum alterutra dividit agros [text]. Part IV: Textbook. Beneficium. Ilyin SA. M. Fodienda Moscoviae State University, 1994. LXVII p.

Подана до редакції 14.09.2015